

## О ВЛИЯНИИ ХАРАКТЕРА НАГРУЗКИ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СДПМ ПРИ СКАЛЯРНОМ ЧАСТОТНОМ УПРАВЛЕНИИ

**Фираго Б.И., Александровский С.В.**

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Будем исследовать динамические свойства СДПМ без демпферной обмотки при линеаризации угловой характеристики синхронного двигателя, когда электромагнитный момент определяется выражением [1]:

$$M = b \int (\omega_0 - \omega) dt, \quad (1)$$

а статический момент нагрузки представляется общей формулой [1]

$$M_c = C_n \omega^n, \quad (2)$$

где  $b$  – есть магнитная жесткость СДПМ;  $\omega_0$  – синхронная угловая скорость СДПМ при данной частоте  $f_1$  выходного напряжения преобразователя частоты (ПЧ);  $\omega$  – текущее значение угловой скорости СДПМ;  $C_n$  – коэффициент, который определяется для текущей угловой скорости СДПМ таким образом  $C_n = \frac{M_c(\omega)}{\omega^n}$ ;  $M_c(\omega)$  – статический момент

при данной угловой скорости  $\omega$  СДПМ;  $n$  – показатель степени, который принимает значения  $n = 0; 1; 2$ .

На основании уравнения движения электропривода с учетом (1) и (2) в результате преобразований получаем дифференциальное уравнение [2]

$$\frac{1}{\Omega_0^2} \frac{d^2 \omega}{dt^2} + \tau \frac{d\omega}{dt} + \omega = \omega_0. \quad (3)$$

где  $\Omega_0 = \sqrt{\frac{b}{J}}$  – собственная частота электромеханических колебаний синхронного электропривода;  $\tau = \beta_n / b$  – электромагнитная постоянная времени синхронного электропривода;  $\beta_n$  – модуль жесткости характеристики статического момента при  $\omega = \omega_0$  для данного показателя степени  $n$ , характеризующего статический момент:

$$\left. \frac{\partial M_c}{\partial \omega} \right|_{\omega=\omega_0} = \beta_n = C_n n \omega_0^{n-1}. \quad (4)$$

Дифференциальное уравнение (3) имеет такое характеристическое уравнение:

$$p^2 + 2\alpha_n p + \Omega_0^2 = 0, \quad (5)$$

где  $\alpha_n = \frac{\beta_n}{2J} = \frac{1}{2T_{m,n}}$  – коэффициент затухания колебаний при данном виде статического момента.

Уравнение (5) имеет корни  $p_{1,2} = -\alpha_n \pm \sqrt{\alpha_n^2 - \Omega_0^2}$ . Обычно  $\alpha_n \ll \Omega_0$ , поэтому имеем комплексно-сопряженные корни  $p_{1,2} = -\alpha_n \pm j\Omega_p$ , где

$\Omega_p = \sqrt{\Omega_0^2 - \alpha_n^2}$  – есть резонансная частота электромеханических колебаний синхронного электропривода.

При показателе степени  $n = 0$  в соответствии с (2) имеем  $M_c = C_n = \text{const}$ , т.е. постоянный статический момент, и как видно из (4), нулевое значение модуля жесткости  $\beta_n$  статического момента, приводящее и нулевое значение коэффициента затухания  $\alpha_n$ . Характеристическое уравнение (5) имеет два мнимых корня  $p_{1,2} = \pm j\Omega_0$ , которые свидетельствуют о незатухающих электромеханических колебаниях синхронного электропривода с частотой  $\Omega_0$  при отсутствии демпферной обмотки в СДПМ. Следовательно, СДПМ без демпферной обмотки нельзя использовать в скалярных системах частотного управления с постоянным статическим моментом.

При показателе степени  $n = 1$ , как видно из (2), статический момент  $M_c$  изменяется пропорционально скорости ротора, т.е. такой статический момент является моментом вязкого трения первого рода [1], который демпфирует электромеханические колебания синхронного электропривода на основе СДПМ без демпферной обмотки. Формула (4) показывает, что модуль жесткости характеристики статического момента является постоянным на всем диапазоне изменения синхронной угловой скорости  $\omega_0$  СДПМ, что обеспечивает постоянный коэффициент затухания  $\alpha$  электромеханических колебаний.

При показателе степени  $n = 2$  имеем квадратичную зависимость статического момента от скорости. Такие статические моменты являются моментами вязкого трения второго рода [1] и хорошо демпфируют колебания ротора синхронного двигателя.

Из формулы (4) с учетом (2) при  $n = 2$  получаем модуль жесткости характеристики статического момента  $\beta_n = C_2 2\omega_0 = 2 \frac{M_c(\omega_0)}{\omega_0^2} \omega_0 = 2 \frac{M_c(\omega_0)}{\omega_0} = 2\beta_n(n=1)$ . Следовательно, при  $n = 2$  модуль жесткости характеристики статического момента и коэффициент затухания колебаний будет в 2 раза выше, чем эти величины при  $n = 1$ . Это показывает, что с возрастанием показателя степени “ $n$ ” демпфирующая способность нагрузки увеличивается. В связи с этим для турбомеханизмов с показателем степени  $n \geq 1$  могут применяться электроприводы на основе СДПМ без демпферной обмотки при скалярном частотном управлении [3].

1. Фираго Б. И. Теория электропривода / Б. И. Фираго, Л. Б. Павлячик – Минск: Техноперспектива, 2007. – 585с.

2. Фираго, Б. И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б. И. Фираго, Л. Б. Павлячик. – Мн.: Техноперспектива, 2006. – 363с.

3. Stefan Brock, Tomasz Pajchrowski. Energy-optimal v/f control of permanent magnet synchronous motors for fan applications. Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne. № 92/2011. 169s.